Lane Medical Library

Ueber die

Verwendung decentrirter Brillen bei Myopie.

INAUGURAL-DISSERTATION,

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

IN DER

MEDICIN UND CHIRURGIE

VORGELEGT DER

MEDICINISCHEN FACULTÄT

DER

FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT ZU BERLIN

UND

ÖFFENTLICH ZU VERTHEIDIGEN

am 25. August 1873

VON

Hermann Borgmann

aus Wiesbaden.

OPPONENTEN:

J. Kunze, Dd. med.
H. Krüllmann, Dd. med.
E. Rühlmann, Cand. med.

BERLIN.

Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke).

Marienstr. 10.

Verwendung der dritten Brille bei Myopie.

Seinem theuren Onkel

Herrn J. G. Russ

in dankbarer Verehrung

gewidmet

vom Verfasser.

Im Allgemeinen wird bei der Verwendung optischer Instrumente ein grosses Gewicht darauf gelegt, den Einfluss der sphärischen Aberration möglichst auszuschliessen. Man hat zu diesem Zwecke Combinationen von Concav- und Convexgläsern verwendet, man sucht durch Diaphragmen die Randstrahlen abzublenden und es würde sicher als ein bedeutender Fortschritt erscheinen, wenn man im Stande wäre, solche Rotationsflächen zu schleifen, welche wirklich mathematisch aplanatisch sind — die jetzt gebräuchlichen Vorrichtungen bewirken eben das Eine, dass sie die Aberration auf ein Minimum beschränken.

Die Augenheilkunde ist wohl die einzige Disciplin, welche sich diese sonst so unwillkommene Nebeneigenschaft der gebräuchlichen Linsen dienstbar gemacht hat und sie zu therapeutischen Zwecken verwendet. Natürlich verfolgt sie bei diesem Vorgehen nicht den Zweck blos die Refractions- resp. Anomodationsverhältnisse auszugleichen, einem solchen Zwecke werden die um die Linsenaxe herum auffallenden Strahlen weit besser Genüge leisten, sie sucht vielmehr durch die prismatische Verschiebung, welche die sphärische Ab-

erration mit sich bringt, gewissen äusseren Augenmuskeln ihre Aufgabe zu erleichtern. Man hat sogar vorgeschlagen[1]), jede einzelne Brille derartig einzurichten, dass sie eine Verschiebung des Bildes in lateraler Richtung hervorrufe, um auf diese Weise Verschmelzung der von den beiden einzelnen Gläsern seitlich von der Meridianebene entworfenen gleichnamigen resp. gekreuzten Doppelbilder in eines zu bewirken. Die Linsen — orthoscopische genannt — würden bei Convexgläsern derartig eingerichtet sein müssen, dass sie eine geringere Convergenz der Augenaxen, bei Concavgläsern eine vermehrte Convergenz hervorrufen. Für Convexgläser würde diese Methode im Allgemeinen nichts Bedenkliches haben, für concave Brillen hingegen ist dieselbe, wie weiter unten besprochen werden soll, entschieden zu verwerfen. Abgesehen von diesen orthoscopischen Gläsern, welche wohl kaum eine grosse Verbreitung gefunden haben, macht die Ophthalmiatrik von solchen Gläsern, welche mit der sphärischen noch eine prismatische Wirkung vereinen, bei verschiedenen Anomalien Gebrauch. Die Unregelmässigkeiten der Refraction sind ja sämmtlich von einem gewissen Einflusse auf das gegenseitige Verhältniss der lateralen Augenmuskeln, und dieser Einfluss kann sich derartig steigern, dass in dem Muskelverhältnisse wieder ein Grund zur Progression der Anomalie liegt. Vorzüglich ist dies der Fall bei der Myopie, die sich in ihren höheren Graden wohl immer, in der mittleren meisten-

[1]) Scheffler, Theorie der Augenfehler. pag. 6.

theils mit einer Insufficienz der recti interni paart. Diese Anomalie ist es nun, bei welcher die in dieser Arbeit zu betrachtende Verwendung der Brillen namentlich in ihr Recht tritt.

Wie bekannt, und wie v. Gräfe[1]) und Donders[2]) in ihren Arbeiten hervorheben, ist es vor allen Dingen die relative Schwäche der recti interni, welche das Fortschreiten dieser für das Auge so verderblichen Krankheit bedingt; ersterer weisst namentlich darauf hin, dass nach Beseitigung des anomalen Verhältnisses die bis dahin progressive Myopie einen Stillstand macht. Wird nun auch in den meisten Fällen ein operativer Eingriff am besten dieses Missverhältniss aufheben, so sind doch auch Fälle vorhanden, in welchen derselbe nicht indicirt ist — v. Gräfe giebt bekanntlich für ihn ein Maass von 8° Abduction an[3]) — oder in welchen derselbe von dem Patienten abgelehnt wird. Diese Fälle sind es, in denen namentlich die Verwendung concaver decentrirter Gläser für nothwendig zu erachten ist.

Es sei mir gestattet, noch einige Bemerkungen über die Verwendung orthoscopischer Linsen im Sinne Scheffler's hier Platz zu gönnen.

Wir haben oben gesehen, dass ein besonderer Grund für das Fortschreiten der Myopie in den vermehrten Convergenzanstrengungen zu suchen ist, welche der

---

[1]) Gräfe, Ueber die Operation des dynamischen Auswärtsschielens. Klin. Monatss. für Augenheilk. VII. S. 228.

[2]) Donders, Anomalien der Refraction u. Accomodation S. 287.

[3]) l. c. ebendaselbst. S. 238.

Myop macht, um die Gegenstände, welche er sich annäheren muss, deutlich zu sehen. Bei Verwendung eines mit seinem Auge centrirten Glases wird nun die Möglichkeit gegeben, Gegenstände aus grösserer Ferne und folglich auch bei geringerer Convergenz zu sehen. Es wird also somit die schädliche Anstrengung der recti interni vermieden und in diesem Umstande beruht zum Theil gewiss die Immunität, welche eine gut gewählte Brille Myopen gegen das Weiterschreiten ihrer Anomalie gewährt. Die orthoscopischen Linsen beanspruchen aber eine erhöhte Convergenz der Augenaxen und stellen Ansprüche an die inneren geraden Augenmuskeln, welche leicht in manchen Fällen zur Entstehung der Insufficienz Veranlassung geben könnten. Von dieser Art der Verwendung müssen wir demnach bei der Myopie ganz absehen.

Sind Verhältnisse vorhanden, welche uns Anlass geben, eine veränderte Stellung der durch die Brille entworfenen virtuellen Bilder herbeizuführen, so darf das anzuwendende prismatische Glas nur eine abducirende Wirkung haben, und muss also eine Divergenz hervorrufen.

Wenn wir im Vorstehenden die Zwecke, welche die Augenheilkunde bei der Verwendung solcher Brillen verfolgt, angedeutet haben, so mögen hier die Formen, welche Gläsern gegeben zu werden pflegen, die als Combinationen von sphärischen und prismatischen Gläsern wirken sollen, eine Besprechung finden.

Für gewöhnlich pflegt man auf die vordere Fläche eines Prisma's, welches der Muskelinsufficienz abhilft,

die betreffende corrigirende sphärische Fläche, die natürlich den halben Radius der entsprechenden Linse haben muss, aufzuschleifen. Dieses ist die einfachste Weise, in welcher die Gläser zur Verwendung kommen.

Eine ebenfalls sehr einfache Methode ist das Decentriren der Gläser, d. h. das Brillengestell bei Concavgläsern derartig zu verbreitern, dass die Sehaxe nicht mit der Linsenaxe übereinstimmt, sondern dass die Letztere nach aussen von der Ersteren liegt.

Bei einer solchen Stellung der Gläser werden die Strahlen, welche ins Auge gelangen, nicht nahe der Axe durch die Linse hindurchgehen, sie werden also vermöge der sphärischen Aberration, je weiter nach innen hin sie auffallen, desto stärker abgelenkt werden — so dass also im Ganzen das vor der Linse liegende Object etwas nach aussen verschoben erscheint. Es war natürlich so lange mit Schwierigkeiten verknüpft, die Stellung solcher Gläser richtig zu bestimmen, als man keine fehlerfreie Methode hatte, den Abstand beider Augencentren zu bestimmen. Man war darauf angewiesen, durch oberflächliche Messung diese Länge zu suchen — dieselbe soll im Allgemeinen 65 Millimeter betragen — und darnach die Breite des Brillengestelles einzurichten. Dass es hierbei nicht möglich war, Fehler von einem resp. zwei Millimetern zu vermeiden, liegt wohl auf der Hand, und wie wir aus der beigefügten Tabelle sehen, sind solche kleine Fehler für den Werth des betreffenden durch die verschobene Linse dargestellten Prismas von sehr erheblichem Einflusse. Unter solchen Umständen war eine genaue Dosirung

des Effectes sehr schwierig, da man nicht sicher sein konnte, ob man die Gläser zu wenig decentrirte und so eine äusserst geringe Prismenwirkung hervorbrachte, oder ob sich durch zu starke Entfernung der beiden zur Brille gehörigen Linsen die durch die Aberration bedingte Verzerrung einstelle. Daher ist es wohl natürlich, dass diese anscheinend so einfache Methode der Herstellung prismatisch sphärischer Brillen sich keine grosse Geltung verschaffte, eine Geltung, welche sie innerhalb gewisser Grenzen jedenfalls beanspruchen kann. Man braucht ja nur dem Brillengestelle eine bestimmte Breite zu geben, dafür zu sorgen, dass dasselbe gerade sitzt und die prismatische Brille ist fertig. In der letzten Zeit ist von Schroeter[1]) die Beschreibung eines Apparates gegeben worden, welcher es gestattet, die Augenabstände hinreichend genau zu messen, und vielleicht ist dieses Instrument geeignet, auch der Decentrirung der Brillengläser Bahn zu brechen. Ich habe mir nun im Folgenden gestattet, den Verlauf der Strahlen durch ein solches decentrirtes Glas mathematisch zu verfolgen und auf diese Weise den Werth, welchen das Prisma in verschieden Abständen der Axe darbietet, zu berechnen. Eine Arbeit von Woinow[2]) verfolgt denselben Zweck; ich bin freilich, namentlich was die theoretischen Betrachtungen anlangt, zu ande-

---

[1]) Zehender, klinische Monatsblätter für Augenheilkunde, XI. pag. 37.

[2]) Gräfe's Archiv für Ophthalmologie Band XVIII, Abthl. 2. pag. 49. u. folg.

ren Resultaten gelangt, wie die in der genannten Arbeit vorgeführten Betrachtungen, ich glaube aber für meine Deductionen den Anspruch grösserer Genauigkeit machen zu können.

Was die Maasse anbetrifft, welche meinen Rechnungen zu Grunde liegen, so habe ich das rheinische Maass, nach welchem die in Berlin gelieferten Brillenkasten gearbeitet sind, zu Grunde gelegt und habe die Zolle in Millimeter verwandelt, in welchem Maasse die Zahlen der Rechnungen ausgedrückt sind.

Leider ist die Aufstellung eines Brillensystems nach metrischer Grundlage noch nicht weit genug gediehen, um für verschiedene Nummern eines solchen Systems die zugehörigen Prismenwerthe herauszurechnen. Für praktisch kann ich es nicht erachten in solchen Rechnungen, welche sich auf die sphärische Aberration beziehen, die Brennweiten oder Werthe, welche von derselben abhängen, einzuführen, da ja solche Werthe eben unter der ausdrücklichen Voraussetzung aufgestellt werden, dass die sphärische Aberration gleich Null sei.

Ich habe demnach auch in der folgenden Deduction sowie in den Rechnungen die genaue Brennweite der Linsen vollständig ignorirt, da ja auch die Brennweiten keine bestimmten Maasse darbieten, dieselben vielmehr mit dem Brechungsindex der Gläser variiren und unter den aus ein und derselben Fabrik hervorgehenden Brillen für die einzelnen Categorien nur das Eine, der Radius constant ist. Was den Berechnungsindex anbetrifft, so habe ich den höchsten Werth gewählt, welchen derselbe in den zum Schleifen verwandten Gläsern zu

erreichen pflegt[1]). Die Linsendicke habe ich zu 2 Millimeter angenommen.

Verlauf der Strahlen durch ein decentrirtes Glas.

Man kann einen auf eine brechende krumme Fläche fallenden Strahl nach der Brechung ansehen als abgelenkt durch ein Prisma, dessen brechender Winkel gebildet wird durch die Tangentialebene der krummen Fläche im Einfallspunkte, sowie durch eine Ebene, welche auf der Richtung des gebrochenen Strahles senkrecht steht. Die Brechung eines Strahles durch eine Linse kann man nun nicht als entstanden denken dadurch, dass derselbe durch ein Prisma gegangen sei, dessen brechender Winkel erhalten wird durch die einfache Verdoppelung des der vorderen Fläche entsprechenden Prismenwinkels, wie dies Woinow in seiner Arbeit gethan hat. Der Strahl wird nämlich, in Folge der Brechung an der ersten Fläche, die zweite Fläche nicht in einem Punkte treffen, welcher die gleiche Entfernung von der Axe hätte, wie der Einfallspunkt an der ersten Fläche. Er wird sich vielmehr bei Concavgläsern von der Axe entfernt und bei Convexgläsern sich ihr genähert haben, so dass man den ganzen Werth des brechenden Winkels des Prismas, welches die Linse am Orte des Einfallspunktes darstellt, betrachten muss

---

[1]) Conf. Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde XI. pag. 225 u. 226. — Burow, Ebendaselbst XI, pag. 151. Anmerk.

als die Summe der Winkel, welchen die Tangenten im Einfallspunkte und Austrittspunkte mit einer auf der Richtung des Strahles im Glase senkrechten Linie machen; bei welcher Summe, wie wir weiter unten sehen werden, der zweite Werth, d. i. der Winkel, welcher durch die Senkrechte auf der Richtung des Strahles im Glase und durch die Tangentialebene im Austrittspunkte gebildet wird, negativ sein kann.

Sei in Fig. 1 L eine Concavlinse mit den gleichen Radien CB und $C^1D = r$, so wird ein in der Axe parallel auffallender Strahl AB an der ersten Fläche nach D hin gebrochen, um dann die Linse wieder in der Richtung DG zu verlassen, d. h. er wird von seiner ursprünglichen Richtung so abgelenkt, als wenn er durch ein Prisma gegangen sei, dessen brechender Winkel die Tangenten in B und D zu Schenkeln hat. Nach bekannten Sätzen der Optik wird demnach dieser Winkel gleich der Summe des Brechungswinkels an der ersten Fläche und des Einfallswinkels an der zweiten Fläche sein; also $P = \beta + \beta^1$.

Je weiter nun der eine von den beiden Punkten B und D oder auch beide von der Axe liegen, desto grösser muss natürlich der Winkel P werden, da mit dieser Entfernung mit der grösseren Neigung der Tangenten auch die Winkel $\beta + \beta^1$ wachsen.

Aus dieser Betrachtung erhellt gleichzeitig noch eine zweite Eigenthümlichkeit der prismatischen Wirkungen sphärischer Gläser. Fällt der Strahl nicht parallel der Axe, sondern in der Richtung A^1B (Fig. 2) auf die erste brechende Fläche, so wird er nach der

Brechung im Vergleich zu Fig. 1 die zweite Fläche näher der Axe in D^1 schneiden, der brechende Winkel des Prismas wird demgemäss kleiner sein. Es geht hieraus hervor, dass sich die prismatische Wirkung einer Linse für dieselbe Einfallsentfernung von der Axe für verschiedene Richtungen des Strahles ändert, in dem vorliegenden Falle der Verwendung bei Myopie sich verkleinert.

Es kommt nun darauf an zu berechnen, wie gross der prismatische Winkel P bei einem Abstande m des Einfallspunktes von der Axe sei.

Fall 1. Der Strahl AB (Fig. 1) falle parallel der Axe auf und der Winkel $ABC = \alpha$ sei der Einfallswinkel, β der Brechungswinkel an der ersten Fläche, β^1 der Einfallswinkel an der zweiten Fläche; es soll der Winkel P gesucht werden.

Es ist nun aber

$$\beta + DBP = 1\ R$$
$$p + DBP = 1\ R$$

also $\beta = p$; ebenso ist

$$\beta^1 + BDP = 1\ R$$
$$p^1 + DDP = 1\ R$$

also $\beta_1 = p_1$; hieraus folgt, da $p^1 + p = P$ ist, dieses auch gleich ist $\beta + \beta^1$. Um die Grösse des Einfallswinkels zu bestimmen haben wir $\sin \alpha = \frac{m}{r}$ und aus dem optischen Brechungsgesetze $\frac{\sin \alpha}{n} = \sin \beta$, wenn wir mit n den Brechungsexponenten bezeichnen.

Wir können demnach β finden. Es wäre also noch

β^1 zu suchen. β^1 ist Aussenwinkel an dem $\triangle C^1DF$, also gleich $BFC + DC^1E$; es ist aber $BFE = BCI - FBC$ oder da BCI als Wechselwinkel $= \alpha$ und FBC als Scheitelwinkel $= \beta$ ist $BFC = \alpha - \beta$.

Um nun DC^1E zu finden, müssen wir die Lage des Punktes D, bestimmt durch seine Coordinaten, wenn wir uns den Anfangspunkt des Coordinatensystems durch den Punkt C gelegt denken, x und y kennen. Es ist

$$y = (C^1F - x) \cdot tg\,(\alpha - \beta)$$
$$y = \sqrt{r^2 - x^2}$$

Bezeichnet man die Dicke der Linse mit d, so ist

$$C^1F = (2r + d) + CF.$$

Nach dem Sinussatze ist nun

$$CF = \frac{r \cdot \sin \beta}{\sin (\alpha - \beta)}.$$

Nennen wir nun C^1F also $(2r + d) + \frac{r \cdot \sin \beta}{\sin (\alpha - \beta)} = s$ so erhalten wir folgende Gleichungen:

$$y = (s - x) \cdot tg\,(\alpha - \beta)$$
$$y = \sqrt{r^2 - x^2}; \quad \text{hieraus}$$
$$(s - x) \cdot tg\,(\alpha - \beta) = \sqrt{r^2 - x^2}$$
$$s^2\,tg^2\,(\alpha - \beta) - 2sx\,tg^2\,(\alpha - \beta) + x^2\,tg^2\,(\alpha - \beta) = r^2 - x^2$$
$$\text{oder } x^2\,(1 + tg^2\,(\alpha - \beta)) - 2sx\,tg^2\,(\alpha - \beta) = r^2 - s^2\,tg^2\,(\alpha - \beta).$$

Dividirt man die ganze Gleichung durch $1 + tg^2(\alpha - \beta)$, so erhält man:

$$x^2 - \frac{2s\,tg^2\,(\alpha - \beta)}{1 + tg^2\,(\alpha - \beta)}\,x = \frac{r^2 - s^2\,tg^2\,(\alpha - \beta)}{1 + tg^2\,(\alpha - \beta)}.$$

Um eine quadratische Gleichung zu erhalten muss man

nun auf beiden Seiten $\frac{s^2 tg^4(\alpha-\beta)}{(1+tg^2(\alpha-\beta))^2}$ addiren und erhält so:

$$x^2 - \frac{2s\,tg^2(\alpha-\beta)}{1+tg^2(\alpha-\beta)}x + \frac{s^2 tg^4(\alpha-\beta)}{(1+tg^2(\alpha-\beta))^2} =$$
$$= \frac{r^2 - s^2 tg^4(\alpha-\beta)}{1+tg^2(\alpha-\beta)} + \frac{s^2 tg^4(\alpha-\beta)}{(1+tg^2(\alpha-\beta))^2}$$

oder bei Ausführung der Rechnung

$$\left(x - \frac{s\,tg^2(\alpha-\beta)}{1+tg^2(\alpha-\beta)}\right)^2 =$$
$$= \frac{r^2(1+tg^2(\alpha-\beta)) - s^2 tg^2(\alpha-\beta) - s^2 tg^4(\alpha-\beta) + s^2 tg^4(\alpha-\beta)}{(1+tg^2(\alpha-\beta))^2}$$

oder

$$x - \frac{s\,tg^2(\alpha-\beta)}{1+tg^2(\alpha-\beta)} =$$
$$= \frac{\sqrt{r^2(1+tg^2(\alpha-\beta)) - s^2 tg^2(\alpha-\beta)}}{1+tg^2(\alpha-\beta)}.$$

Es ist dann

$$x = \frac{s\cdot tg^2(\alpha-\beta) \pm \sqrt{r^2(1+tg^2(\alpha-\beta)) - s^2 tg^2(\alpha-\beta)}}{1+tg^2(\alpha-\beta)}.$$

Ist nun x gefunden, so haben wir auch DC^1E denn

$$\frac{x}{r} = \cos DC^1E$$

$DC^1E + (\alpha-\beta)$ ist aber wie wir sahen $= \beta^1$, folglich ist nun auch β^1 bekannt und wir können auch $P = \beta + \beta^1$ finden.

Fall 2. Der Strahl komme in der Richtung A^1B (Fig. 2) auf die vordere Fläche, so jedoch, dass er nach der Brechung an der vorderen Fläche die Axe zwischen C^1 und der zweiten Fläche schneide. Er möge mit der Axe den Winkel δ bilden.

Dann ist der Einfallswinkel $\alpha = \delta + BCI$. Letz-

terer ist bekannt, da $\frac{m}{r} = \sin BCI$. Es ist aber $\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n}$, daher auch β bekannt. Um β^1 zu finden, müssen wir wieder die Lage des Punktes D^1 ausgedrückt durch seine Coordinaten x und y kennen.

Der Strahl BD^1 schneidet in seiner Verlängerung C^1C in F unter dem Winkel γ, dieser ist aber gleich $\beta - BCI$.

Wir haben also folgende Gleichungen, wenn wir $D^1E = y$, $C^1E = x$ und $C^1F = s$ nennen,

$$y = (x - s)\, tg\, \gamma$$

$$y = \sqrt{r^2 - x^2}$$

s ist aber gleich $CC^1 - CF$ oder $s = 2r + d - \frac{r \cdot \sin \beta}{\sin \gamma}$.

Setzen wir in die erste Gleichung für y den aus der zweiten Gleichung gefundenen Werth ein, so erhalten wir

$$x^2\, tg^2\gamma - 2x\, s \cdot tg^2\gamma + s^2\, tg^2\gamma = r^2 - x^2 \quad \text{oder}$$

$$x^2\,(1 + tg^2\gamma) - 2x\, s \cdot tg^2\gamma = r^2 - s^2 \cdot tg^2\gamma.$$

Durch Division beider Seiten der Gleichung durch den Factor von x^2 erhalten wir:

$$x^2 - \frac{2s\, tg^2\gamma}{1 + tg^2\gamma}\, x = \frac{r^2 - s^2\, tg^2\gamma}{1 + tg^2\gamma}$$ und durch Addition von $\frac{s^2 \cdot tg^4\gamma}{(1 + tg^2\gamma)^2}$; $x^2 - \frac{2s\, tg^2\gamma}{1 + tg^2\gamma}\, x + \frac{s^2\, tg^4\gamma}{(1 + tg^2\gamma)^2}$

$$= \frac{r^2 - s^2\, tg^2\gamma}{1 + tg^2\gamma} + \frac{s^2\, tg^4\gamma}{(1 + tg^2\gamma)^2}.$$

Hieraus ergiebt sich

$$x = \frac{s\,tg^2\gamma \pm \sqrt{r^2(1 + tg^2\gamma) - s^2\,tg^2\gamma}}{1 + tg^2\gamma}.$$

Der Winkel β^1 wird aber gefunden aus $\beta^1 = \gamma - D^1C^1F$, welche beiden letzteren Winkel jetzt bekannt sind, da γ schon früher bekannt war und $\cos D^1C^1F = \frac{x}{r}$ ist.

Der Winkel P des Prismas ist jedoch in diesem Falle nicht $= \beta + \beta^1$, sondern gleich der Differenz $\beta - \beta^1$. Denn fällen wir von P eine Senkrechte PH auf BD^1, so ist der Winkel $BPH = \beta$ und $HPD^1 = \beta^1$ der Winkel des Prismas P oder BPD^1 ist aber gleich $BPH - HPD^1$ oder $P = \beta - \beta^1$.

In der diesen Blättern beigefügten Tabelle sind nach den soeben entwickelten mathematischen Formeln nun die Werthe ausgerechnet, welche man für den brechenden Winkel des der Linse entsprechenden Prismas erhält, wenn der Axe parallele Strahlen in verschiedenen Abständen von der Axe die vordere Fläche der Linse treffen.

Von den Werthen für den Auffall aus dem Nahepunkt, der zu 10″ angenommen ist, wurde nur ein Winkel berechnet und zwar um den Unterschied des ablenkenden Prismas für diesen Fall von dem für die unendliche Entfernung berechneten festzustellen. Wie schon Schweigger[1]) in seinem Lehrbuche gezeigt hat, ist der Effect der prismatischen Brillen selbst hoher Grade für die Arbeitsnähe ein ausserordentlich geringer

[1]) Schweigger, Handbuch der speciellen Augenheilkunde S. 34.

und wächst derselbe mit den Distancen, es werden demnach die decentrirten Gläser, welche immer nur geringer seitlich ablenkende Prismen darstellen, für die Arbeitsnähe keinen grossen Nutzen gewähren, so dass ich davon abgesehen habe, mich der mühevollen Berechnung aller einzelnen Werthe für die Nähe zu unterziehen.

Von einem gewissen Einflusse ist selbstverständlich die Entfernung der Gläser vom Auge auf die ablenkende Wirkung derselben, diese Wirkung muss mit dem Wachsen der Entfernung abnehmen.

Bei den schwächeren Linsen von 6, 8, 10 u. s. w. Radius beträgt die Länge, um welche man die Entfernung der Brillencentren vermehren muss, damit wirklich auch die parallelen Strahlen, für welche die Prismen berechnet sind, in das Auge gelangen, ein sehr Geringes, sie ist nur Bruchtheile eines Millimeters gross. Man wird also gut thun, um den genauen Effect zu erzielen, das Gestell um eine Kleinigkeit breiter zu nehmen. Die Entfernung der Brillengläser vom Auge gleicht einigermassen auch wieder die Verringerung des Prismenwerthes beim Sehen in die Nähe aus, indem durch sie entfernter von der Axe einfallende Strahlen auch in's Auge gelangen, die bei parallelen Strahlen nicht zur Perception kämen.

Die Grenzen der Verwendung decentrirter Gläser.

Um ein Urtheil über die Verhältnisse zu gewinnen, welche der Verwendung decentrirter Gläser eine Grenze setzen, ist es nöthig die Wirkungen der Brechung durch solche Brillen, in Bezug auf ihre Deutlichkeit einer Betrachtung zu unterziehen oder, anders ausgedrückt, die Verhältnisse der kaustischen Linie und ihre Abbildung im Auge zu untersuchen.

Sei in Fig. 3 R die Retina des rechten Auges, h^1 der vordere Hauptpunkt desselben, L eine Linse, in deren vorderer Hauptebene der vordere Brennpunkt des Auges liege, die sich also in dem gewöhnlichen Brillenabstande befinde. Die Strahlen a, b und c mögen parallel der Axe auf die Linse auffallen und ihre virtuellen Vereinigungspunkte nach der Brechung mögen so liegen, dass CB die Vereinigung von a und b, BC von b und c und Ac von a und c darstellen. Denken wir uns durch den Punkt O ein Coordinatensystem gelegt, so werden sowohl die Abscissen als auch die Ordinaten der Vereinigungspunkte eine verschiedene Grösse haben. Die Abscisse von AB wird die kleinste, seine Ordinate die grösste sein, AC wird eine kleinere Abscisse als BC eine grössere als AB haben, seine Ordinate wird kleiner als die von AB, grösser als die von BC sein u. s. w. Die Punkte AB, BC und AC werden demgemäss ihre Lage auf der kaustischen Linie haben und sämmtlich Bilder eines und desselben unendlich fernen Punktes sein.

Denken wir uns nun das Auge derartig gerichtet, dass *a* und *c* (also Punkt *AC*) sein Bild genau auf der Retina haben. Alsdann werden die von *AB* ausgehenden Strahlen sich hinter der Netzhaut etwa in *f* treffen und somit einen Zerstreuungskreis auf derselben bilden; dagegen werden die Strahlen von *BC* sich von der Netzhaut etwa in f^1 vereinen und demnach nach ihrer Durchkreuzung wiederum einen Zerstreuungskreis verursachen.

Wenn wir nun von den übrigen zwischen *a* und *c* auffallenden Strahlen absehen, so ergiebt sich unmittelbar aus der Betrachtung der Figur:

1. Die Brechkraft der Linse nimmt nach der Peripherie hin zu.

   AB liegt näher an der Linse als *BC* und *AC*.
2. Es werden von den unendlich fernen Punkten eine Anzahl von Bildern entworfen, von denen das eine scharf gesehen, die übrigen in Zerstreuungskreisen abgebildet werden.

Diese beiden Umstände sind es, welche das deutliche Sehen durch eine concave decentrirte Brille beeinträchtigen und dem Tragen solcher Gläser eine Grenze setzen. Beide Zustände folgen natürlich aus derselben Ursache, wir werden sie aber bei der folgenden Betrachtung trennen, da wir die ersteren als von der Linse allein abhängig ohne die optischen Verhältnisse des Auges zu Hülfe zu nehmen, betrachten können, bei der letzteren hingegen die Brechung im Auge heranziehen müssen.

1. Die Brechkraft der Linse wird stärker.

Wenn uns der Zuwachs der Brechkraft ein und derselben Linse gegen die Peripherie hin veranlassen soll, dieselbe nicht über einen gewissen Punkt hinaus zu decentriren, so muss die Differenz der Brechung in der Nähe der Axe und die über den erwähnten Punkt hinaus eine so erhebliche sein, dass sie nach den in der Praxis herrschenden Grundsätzen einen Unterschied macht, d. h. dass wir durch die Decentrirung dem Auge eine Brille aufsetzen, welche für seinen Refractionszustand zu stark wird.

Im Allgemeinen lässt man in der Praxis die Linse 48 als kleinste Differenz gelten, so dass also das Hinzufügen einer Linse von 48 Zoll Brennweite den optischen Effect der ausgewählten Brille nicht ändert. Bei genaueren Bestimmungen nimmt man statt dieser eine Linse von 96 Zoll Brennweite als kleinste Differenz[1]). Wir erhalten demgemäss, wenn wir zu einer Linse den Bruch $^1/_{96}$ hinzuaddiren, praktisch keinerlei Unterschied und dürfen die verstärkte Linse dem Auge ohne Gefahr vorsetzen.

Wenden wir diesen Erfahrungssatz auf unsere decentrirten Gläser an, so gestaltet sich die Sache folgendermassen: Wir addiren die Linse $^1/_{96}$ zu der im speciellen Falle verwendeten Linse und vergleichen diese Summe mit der Brechkraft derselben Linse in dem Punkte, auf welchen wir die Strahlen parallel der

[1]) Zehender, Klin. Monatsb. XI, pag. 74.

Axe auffallen lassen. Ist die Brechung in diesem Punkte gleich der der Combinationslinse oder kleiner als sie, so werden wir das ursprüngliche Glas bis zu dem fraglichen Punkte decentriren können, ist sie stärker, so dürfen wir uns nicht so weit von der Axe entfernen.

In Figur 3 sei das Auge accomodationslos auf AC eingestellt.

Rechnen wir die Entfernung AC bis zu der vorderen Hauptebene der Linse, also ACH als ihre Brennweite, so wird es möglich sein die Länge derselben zu berechnen.

Vermöge unserer Kenntniss der Gleichungen der Linien ACM und ACN können wir die Abscisse des Punktes AC in Bezug auf O als Anfangspunkt bestimmen.

Wir kennen in Fig. 1 den W. β^1, aus ihm kann der Brechungswinkel α^1 und somit auch der Winkel, in welchem jede einzelne der genannten Linien die Axe schneidet, berechnet werden. Ebenso können wir aus dem Umstande, dass der W. bei AC durch die Linie ACH halbirt wird, die Gleichung dieser Linie finden. Nennen wir den Winkel, den diese Halbirungslinie schneidet, E und bestimmen die Ordinate des vorderen Hauptpunktes des Auges, so haben wir, da der vordere Brennpunkt des Auges in der vorderen Hauptebene der Linse liegt

$$ACH = ACh^1 - h^1H.$$

ACh^1 ist nach der analytischen Geometrie zu berechnen h^1H = der vorderen Brennweite des Auges dividirt durch cos. E. Für die optischen Constanten

des Auges sind die Werthe des Listing'schen schematischen Auges eingesetzt[1]).

Wir wollen die Rechnung durch zwei Beispiele erläutern, bei welchen angenommen ist, dass die Linsenaxen um 8 Millim. weiter von einander stehen als die Augenaxen, so dass die Strahlen in 6 und 2 Millim. Abstand von der Linsenaxe zum Auge gelangen.

Sei z. B. in Fig. 3 $L = \frac{1}{4}$, AC der Vereinigungspunkt der Strahlen, aus 6 und 4 Millim. habe in Bezug auf O die Abscisse nach der Berechnung = 205,873. Die vordere Hauptbrennweite des Auges heisst F^1, die Differenz der Abscisse des vorderen Hauptpunktes der Linse und dieser Zahl ist = 98,177, so ist die gesuchte Brennweite $= \frac{98{,}177}{\cos. E}$; E ist aber gleich 2° 17′ 57″, also $x = 98{,}256$. Verwandeln wir dies in rheinische Zoll, so erhalten wir eine Linse von 3,675

$$\frac{1}{4} + \frac{1}{96} \text{ ist aber gleich } \frac{1}{3{,}84}.$$

Letztere Combinationslinse hat aber eine kleinere Brechkraft als die vorher berechnete, es ist also nicht statthaft die Linse bis zu dem angegebenen Punkte zu decentriren. Nehmen wir dagegen dieselben Verhältnisse bis 8″ Radius, so ist die Abscisse von $AC = 413{,}634$, daraus ergiebt sich für die directe Entfernung von AC von der vorderen Hauptebene der Linse 199,042; E ist in diesem Falle = 1° 38′ 32″

---

[1]) Gerold, ophthalmologische Physik II, pag. 23 u. 24.

$$x = \frac{199{,}042}{\cos. E} = \frac{1}{7{,}545} \text{ in rhein. Zollen.}$$

Bei der Combinationslinse ist

$$\frac{1}{96} + \frac{1}{8} = \frac{1}{7{,}387}.$$

In diesem Falle wäre also die Decentrirung statthaft.

Wie aus diesen Rechnungen hervorgeht, stimmen sie mit der Praxis überein.

2. Das Bild im Auge wird verzerrt.

Wenn man central durch eine Concavlinse nach einem hellen Punkte, z. B. einem Stecknadelloch in einem Stück Papier, welches man gegen den Himmel richtet, sieht, so wird, sobald das Concavglas so stark ist, dass man es durch die Anomodation nicht überwinden kann, der Punkt in einem Zerstreuungskreise gesehen werden. Bewegt man das Glas horizontal nach aussen, so dass das Auge durch die nach der Nase gelegene Hälfte der Linse sieht, so bemerkt man zuerst, dass der innere Theil des Zerstreuungskreises, also der nach der Seite der stärksten Brechung des Glases liegende, gefärbte Ränder bekommt, gleichzeitig aber auch sich verbreitert; dann fängt der äussere Rand desselben Kreises an sich zu verlängern, der Höhendurchmesser wird ebenfalls grösser, so dass man schliesslich einen vergrösserten, mehr gestreckten Zerstreuungskreis erhält.

Es fragt sich bei der Erklärung dieser Erscheinungen zunächtst, welche Stellung das Auge einnehmen muss, um die für scharfes Sehen günstigsten Verhält-

nisse der Zerstreuungskreise zu erzielen. Nehmen wir hierzu wieder die drei Punkte der Fig. 3. Sei die Gesichtslinie auf *AB* gerichtet, so werden die von *AC* und *BC* ausgehenden Strahlen vor der Netzhaut vereinigt werden und ihre Zerstreuungskreise werden zu beiden Seiten der Gesichtslinie liegen. Ist das Auge auf *BC* gerichtet, so werden die beiden Bilder von *AB* und *AC* hinter der Netzhaut sich vereinigen und ebenfalls zu beiden Seiten der Gesichtslinie liegen. Ist jedoch das Auge auf *AC* gerichtet, so fällt der Zertreuungskreis von *AB* hinter, derjenige von *BC* vor die Netzhaut und beide liegen auf derselben Seite der Augenaxe. Sie haben also bei dieser Lage Chancen sich zu decken. Beim Sehen durch ein decentrirtes Glas wird demnach von einem einzelnen Punkte eine Reihe von Bildern entworfen, welche auf dem Theile der kaustischen Linie liegen, dessen Strahlen in die Pupille gelangen. Wenn das Auge nun auf die Mitte dieses Theiles der kaustischen Linie eingestellt ist, so werden sich die günstigsten Verhältnisse ergeben, das Sehen zu erleichtern. Ein mittlerer Punkt liegt von den Endpunkten natürlich weniger weit entfernt als jeder der beiden Endpunkte von einander. Die Zerstreuungskreise werden also in diesem Falle am kleinsten sein, ferner werden sie sich zum Theil decken. Ich habe unter Benutzung des Listing'schen Verfahrens[1]) versucht, die Grösse der Zerstreuungskreise für die einzelnen Linsen und ihre Lage zu berechnen, bin je-

[1]) Helmholtz, physiologische Optik pag. 98.

doch durch unvorhergesehene Verhältnisse gezwungen, von dieser weitläufigen Berechnung abzusehen.

Wir nehmen nach dieser Auseinandersetzung an, das Auge sei auf *AC* gerichtet, seine Augenaxe halbire also den Winkel, welchen die Strahlen *a* und *c* nach der Brechung mit einander bilden. Alsdann erklärt sich die Beobachtung der einfachen Punkte folgendermassen.

Nehmen wir an, wir sähen zuerst central durch das Glas, so dass von dem Punkte uns nur das eine Bild *AC* geboten wird, wir sehen dasselbe also scharf. Wenn nun der Brechungszustand des Auges unveränderlich gedacht wird, dasselbe nur seine Richtung ändert, um unausgesetzt auf *AC* zu sehen, und wir die Linse horizontal, in der Zeichnung nach unten, verschieben, so löst sich aus *AC* ein zweites Bild *AB* ab und entfernt sich derartig von *AC*, dass sein Bild hinter die Netzhaut fällt une seine Strahlen gleichzeitig die Netzhaut in einem Zerstreuungskreise treffen unterhalb *d*. Ebenso löst sich ein drittes Bild *BC* los von *AC*, dessen durch das Auge entworfenes Bild vor die Netzhaut trifft und sie ebenfalls unterhalb *d* in einem Zerstreuungskreise schneidet. Die Zerstreuungskreise liegen also sämmtlich anfangs auf der äussern Netzhautseite, ihr Bild zeigt sich also auf der der Nase zugelegenen Seite des Gesichtsfeldes.

Hiermit übereinstimmend wird beim Sehen durch ein decentrirtes Glas die anfängliche Verbreiterung des scheinbaren Objectes zuerst auf der inneren Seite und die chromatische Zerstreuung bewirkt.

Wenn die Zerstreuungskreise über *d* hinausgehen, tritt auch die Verbreiterung auf der anderen Seite des Bildes ein. Man kann sich selbst leicht durch eine Probe ein Urtheil über die Entfernung von der Axe, bis zu welcher man ein Brillenglas decentriren kann, bilden. Man mache sein Auge durch Aufsetzen eines Concavglases, durch welches man genau central sieht, in dem Grade hypermetropisch, dass man durch die zu prüfende Linse einen Lichtpunkt als Zerstreuungskreis sieht. Man darf nun die Linse bis zu dem Punkte decentrirt tragen lassen, als die Zerstreuungsfigur keine Abweichungen von der Kreisform zeigt. Man kann sich zu diesem Zwecke ein Brillengestell construiren lassen, dessen Gläser von einander entfernt werden können. Bringt man in einem solchen einen Maassstab an, so kann man nach obigem Versuche die Entfernung, bis zu welcher man gehen kann, direct bestimmen, und den dieser Entfernung entsprechenden Werth aus der folgenden Tabelle direct ablesen.

Erklärung der Tabelle.

Die vordersten Columnen geben die Entfernungen von der Linsenaxe an, in welchen die der Linsenaxe parallelen Strahlen die Linse treffen. Der betreffende Winkel ist nur für ein Auge berechnet, für beide Augen wird er natürlich doppelt. Haben wir zum Beispiel eine Brille von 6″ Brennweite, eine Entfernung der Linsenaxen von einander von 67 Millimeter bei 65 Milli-

meter Augencentrenabstand, so erhalten wir die Wirkung eines Prismas von 2mal 1° 24′ 11″, da jede Linsenaxe um 1 Millimeter nach aussen von der Augenaxe liegt — also 2° 48′ 11″.

Für den Einfall des Strahles aus dem Nahepunkt ist des Beispiels wegen der Winkel des Prismas für 6 Zoll Radius und Einfall des Strahles 4 Millim. von der Axe berechnet. Derselbe ist um wenige Minuten kleiner als derjenige bei parallelem Auffall der Strahlen. In der dritten Columne befinden sich die Vereinigungsweiten derjenigen Strahlen, welche in 2 und 6 Millimeter Entfernung von der Axe mit dieser parallel auf die vordere Linsenfläche auffallen und so den Brechungswerth der Linse in einer Entfernung von 4 Millimeter repräsentiren. Dieselben sind nur für wenige Gläser ausgerechnet.

	Radius 4″.		
2 Mm.	2° 9′ 26″		
3 -	3 3 56		3,675
4 -	4 18 56		
6 -	6 28 42		
	Radius 6″.		
2 Mm.	1° 24′ 11″		
3 -	2 19 30		7,545
4 -	2 52 19		
6 -	4 18 29		

Radius 8″.

2	Mm.	1°	4′	34″
3	-	1	37	21
4	-	2	9	9
6	-	3	13	34

Radius 10″.

2	Mm.		51′	44″
3	-	1°	7	36
4	-	1	43	46
6	-	2	35	20

Radius 12″.

2	Mm.		43′	
3	-	1°	4	32″
4	-	1	26	2
6	-	2	9	5

11,285

Radius 14″.

2	Mm.		36′	57″
3	-		55	27
4	-	1°	13	57
6	-	1	50	58

Radius 16″.

4	Mm.	1°	4′	31″
6	-	1	26	47

Auffall aus der Nähe bei 6 Zoll Radius in 4 Mm. Entfernung 2° 49′ 50″.

THESEN.

I.

Bei der Operation des Empyems ist die Incision der Punction vorzuziehen.

II.

Die Nachbehandlung der Hüftgelenksresectionen durch permanente Extension ist die beste Methode.

III.

Die prophylaktischen Maassregeln gegen Cholera sind die wichtigsten.

Verfasser, der Sohn des Herzogl. nass. Oberlieutenants Herrmann Borgmann, wurde am 22. December 1846 zu Diez a. Lahn geboren. Er verlor beide Eltern kurz nach seiner Geburt. Er wurde in der evangelischen Confession erzogen. Nachdem er im Frühjahr 1864 die Maturitätsprüfung am Realgymnasium zu Wiesbaden bestanden, bezog er die Universität Heidelberg. Hier verweilte er bis Ostern 1866, um sich auf ein Jahr nach Tübingen zu begeben. Die übrige Zeit hat derselbe auf der Universität zu Berlin zugebracht, mit Ausnahme der Kriegsjahre 1870—71, während welcher Zeit er in Bromberg und Thorn als Unterarzt fungirte. Vom Tentamen physicum wurde er laut Erlass des Königlichen Ministeriums der geistlichen Unterrichts- und Medicinal Angelegenheiten d. d. 6. Januar 1870 dispensirt, das Examen rigorosum bestand er im Juli 1873. Während seiner Studienzeit war es ihm vergönnt, die bedeutendsten Männer der Wissenschaft seine Lehrer nennen zu dürfen, und sagt derselbe allen diesen Herren für seine Ausbildung den wärmsten Dank.